

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re Patent Application of)
Hans OTT) Group Art Unit: Unassigned
Application No.: Unassigned) Examiner: Unassigned
Filed: December 7, 2001)
For: DEVICE FOR THE PIXEL-BY-PIXEL)
PHOTOELECTRIC MEASUREMENT)
OF A PLANAR MEASURED OBJECT)

1c715 U.S. PTO
10/004787



CLAIM FOR CONVENTION PRIORITY

Assistant Commissioner for Patents
Washington, D.C. 20231

Sir:

The benefit of the filing date of the following prior foreign applications in the following foreign country is hereby requested, and the right of priority provided in 35 U.S.C. § 119 is hereby claimed:

Europe Patent Application No. 00126493.6

Filed: December 8, 2000

Europe Patent Application No. 01105312.1

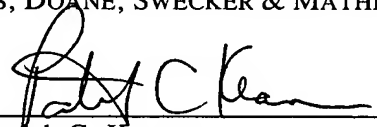
Filed: March 7, 2001

In support of this claim, enclosed are certified copies of said prior foreign applications. Said prior foreign applications were referred to in the oath or declaration. Acknowledgment of receipt of the certified copies is requested.

Respectfully submitted,

BURNS, DOANE, SWECKER & MATHIS, L.L.P.

Date: December 7, 2001

By: 
Patrick C. Keane
Registration No. 32,858

P.O. Box 1404
Alexandria, Virginia 22313-1404
(703) 836-6620

This Page Blank (uspto)



Europäisches
Patentamt

European
Patent Office

Office européen
des brevets

Bescheinigung

Certificate

Attestation



Die angehefteten Unterlagen stimmen mit der ursprünglich eingereichten Fassung der auf dem nächsten Blatt bezeichneten europäischen Patentanmeldung überein.

The attached documents are exact copies of the European patent application described on the following page, as originally filed.

Les documents fixés à cette attestation sont conformes à la version initialement déposée de la demande de brevet européen spécifiée à la page suivante.

Patentanmeldung Nr. Patent application No. Demande de brevet n°

00126493.6

CERTIFIED COPY OF
PRIORITY DOCUMENT

Der Präsident des Europäischen Patentamts;
Im Auftrag

For the President of the European Patent Office

Le Président de l'Office européen des brevets
p.o.

I.L.C. HATTEN-HECKMAN

DEN HAAG, DEN
THE HAGUE,
LA HAYE, LE

15/10/01

This Page Blank (uspto)



Europäisches
Patentamt

European
Patent Office

Office européen
des brevets

Blatt 2 der Bescheinigung
Sheet 2 of the certificate
Page 2 de l'attestation

Anmeldung Nr.:
Application no.: 00126493.6
Demande n°:

Anmeldetag:
Date of filing: 08/12/00
Date de dépôt:

Anmelder:
Applicant(s):
Demandeur(s):
Gretag-MacBeth AG
8105 Regensdorf
SWITZERLAND

Bezeichnung der Erfindung:
Title of the invention:
Titre de l'invention:

Vorrichtung zur bildelementweisen Farbmessung eines flächigen Messobjekts

In Anspruch genommene Priorität(en) / Priority(ies) claimed / Priorité(s) revendiquée(s)

Staat:
State:
Pays:

Tag:
Date:
Date:

Aktenzeichen:
File no.
Numéro de dépôt:

Internationale Patentklassifikation:
International Patent classification:
Classification internationale des brevets:

G01J3/51

Am Anmeldetag benannte Vertragsstaaten:
Contracting states designated at date of filing: AT/BE/CH/CY/DE/DK/ES/FI/FR/GB/GR/IE/IT/LI/LU/MC/NL/PT/SE/TR
Etats contractants désignés lors du dépôt:

Bemerkungen:
Remarks:
Remarques:

This Page Blank (uspto)

Vorrichtung zur bildelementweisen Ausmessung eines flächigen Messobjekts

Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur bildelementweisen fotoelektrischen Ausmessung eines flächigen Messobjekts gemäss dem Oberbegriff des unabhängigen Anspruchs.

5 Zur punktweisen fotoelektrischen Abtastung von flächigen Messobjekten werden vor allem in der grafischen Industrie sogenannte Scanner eingesetzt. Diese besitzen einen relativ zum Messobjekt in ein oder zwei Dimensionen beweglichen Messkopf, der die spektrale Remission jeweils eines Bildpunkts des Messobjekts mittels einer $0^\circ/45^\circ$ -Messgeometrie erfasst und in entsprechende elektrische Signale umwandelt. Es sind
10 auch schon mit einer Faseroptik ausgestattete Scanner bekannt, welche eine ganze Bildzeile auf einmal ausmessen können. Scanner, die ohne Relativbewegung zwischen Messkopf und Messobjekt eine grössere Messfläche punktweise mit für die Farbmessung ausreichender Genauigkeit und unter den für die Farbmessung allgemein üblichen, genormten geometrischen Verhältnissen ausmessen können, sind jedoch
15 nicht bekannt.

Zur Abtastung von Bildern z.B. für Aufzeichnungszwecke werden andererseits Video-Kameras eingesetzt, die mit einem zweidimensionalen Bildsensor ausgestattet sind, auf den das komplette abzutastende Bild mittels des Kamera-Objektivs abgebildet
20 wird, so dass keine Relativbewegung zwischen Kamera und Bild erforderlich ist. Der Bildsensor besteht in der Regel aus einer auf einen Chip integrierten zweidimensionalen Anordnung (Array) von Lichtwandlerelementen, üblicherweise auf CCD-Basis (charge coupled devices). Farbtaugliche Video-Kameras besitzen entweder mehrere Bildsensoren mit vorgeschalteten Farbfiltern oder einen Bildwandler mit integrierten
25 Farbfiltern. Die Auflösung der Abtastung ist durch die Anzahl der für jeden Farbkanal verfügbaren Lichtwandlerelemente und durch den Abbildungsmassstab gegeben.

Die geometrischen Bedingungen für die Farbmessung sind durch internationale Normen definiert. Für die üblicherweise verwendete $0^\circ/45^\circ$ -Messgeometrie soll die Be-
30 leuchtung unter $45^\circ \pm 5^\circ$ zur Normalen auf die Messfläche erfolgen und das remittierte

- 2 -

Messlicht unter einem Beobachtungswinkel von $0^\circ \pm 5^\circ$ zur Normalen auf die Messfläche aufgefangen werden. Der Strahlengang kann auch umgekehrt gewählt werden.

5 Für die Farbmessung im Bild müssen diese Messbedingungen für jeden Messpunkt des Messobjekts erfüllt sein. Mit herkömmlichen Video-Kameras ist dies unter praktisch realisierbaren Abmessungen nicht erreichbar, da die Abstände der Lichtquelle und der Kamera vom Messobjekt dafür viel zu gross sein müssten.

10 Durch die vorliegende Erfindung soll nun eine Messvorrichtung der gattungsgemäßen Art dahingehend verbessert werden, dass sie für Farbmessungen tauglich ist.

15 Die Lösung dieser der Erfindung zugrundeliegenden Aufgabe ergibt sich aus den im kennzeichnenden Teil des unabhängigen Anspruchs beschriebenen Merkmalen. Besonders vorteilhafte Ausgestaltungen und Weiterbildungen sind Gegenstand der abhängigen Ansprüche.

20 Durch die erfindungsgemässe Ausbildung der Vorrichtung mit einer Parallel-Beleuchtung und einer telezentrischen Abbildungsoptik sind die normierten geometrischen Verhältnisse für jeden Bildpunkt des Messobjekts erfüllt und es kann zur Ausmessung eine herkömmliche Video-Kamera mit CCD-Bildsensor eingesetzt werden, ohne dass die gesamte Anordnung unpraktikabel gross würde.

25 Ganz besonders vorteilhaft ist es, wenn für die Erzeugung der Parallel-Beleuchtung Fresnel-Linsen eingesetzt werden. Zu dem lassen sich auf diesen unmittelbar Verlaufsfiler anbringen, mittels welcher auf einfache Weise eine Homogenisierung der Ausleuchtung des Messobjekts erreicht werden kann.

Im folgenden wird die Erfindung anhand der Zeichnung näher erläutert. Darin zeigen:

30 Fig. 1 eine schematische Darstellung eines ersten Ausführungsbeispiels der erfindungsgemässen Messvorrichtung,

Fig. 2 eine schematische Skizze einer Spektral-Video-Kamera eines zweiten Ausführungsbeispiels der erfindungsgemässen Messvorrichtung.

35

Das in Figur 1 dargestellte erste Ausführungsbeispiel der erfindungsgemässen Messvorrichtung umfasst ein lichtdichtes Gehäuse 1 mit einem Messfenster 1a, eine Vi-

- 3 -

deokamera 2, eine vorzugsweise als Fresnel-Linse ausgebildete Telelinse 3, zwei Blitzlichtquellen 4 und 5, zwei Umlenkspiegel 41 und 51, zwei vorzugsweise als Fresnel-Linsen ausgebildete Beleuchtungslinsen 42 und 52, zwei an den Beleuchtungslinsen angeordnete Verlaufsfilter 43 und 53, ein Filterrad 6, einen Riemen-
5 Antrieb 61, 62, einen mit der Achse 63 des Filterrads 6 verbundenen Winkelkodierer 64 mit zugehörigem Sensor 65, eine Datenverarbeitungsstufe 7 und eine zentrale Ablaufsteuerung 8. Die Datenverarbeitungsstufe 7 und die Ablaufsteuerung 8 sind vorzugsweise durch einen digitalen Rechner realisiert und können selbstverständlich auch ausserhalb des Gehäuses 1 angeordnet sein.

10

Die Video-Kamera 2 ist an sich konventionell aufgebaut und umfasst als für die vorliegende Erfindung relevante Teile ein Standard-Abbildungsobjektiv 21, einen Bildsensor 22 in Form einer zweidimensionalen Anordnung von Lichtwandler-elementen, insbesondere sog. CCD-Elementen (charge coupled devices), sowie die übliche
15 Signalaufbereitungselektronik 23, welche die vom Bildsensor 22 erzeugten elektrischen Signale ausliest, verstärkt und digitalisiert und sie am Ausgang der Video-Kamera 2 als digitale Rohmessdaten 71 zur Verfügung stellt. Der Bildsensor 22 kann beispielsweise etwa 300000 einzelne Lichtwandler-elemente mit einer typischen Grösse von etwa 0,01 mm aufweisen.

20

Das Filterrad 6 ist an seinem Umfangsrand mit 16 schmalbandigen Farbfiltern 66 sowie einem infrarot durchlässigen Fenster und einem undurchlässigen Bereich versehen. Jedes als Bandpassfilter ausgebildete Farbfilter 66 besitzt eine Bandbreite von etwa 20 nm, und insgesamt decken die Farbfilter 66 den sichtbaren Spektralbereich
25 von im wesentlichen etwa 400-700 nm ab. Das Filterrad 6 ist so vor der Video-Kamera 2 angeordnet, dass seine Farbfilter 66 durch entsprechende Drehung des Filterrads selektiv vor das Abbildungsobjektiv 21 positioniert werden können. Die Positionierung der Farbfilter 66 wird in an sich bekannter Weise durch die Ablaufsteuerung 8 gesteuert.

30

Das auszumessende Messobjekt M befindet sich auf einer Unterlage 9 vor dem Messfenster 1a des Gehäuses 1. Die Telelinse 3 liegt zwischen dem Messfenster 1a und dem Abbildungsobjektiv 21 der Video-Kamera 2. Ihr Brennpunkt liegt ca. in der Eintrittsblende 21a des Kamera-Objektivs 21. Das Kamera-Objektiv 21 bildet zusammen
35 mit der Telelinse 3 eine telezentrische Abbildungsoptik, welche jeden Punkt des Messobjekts M unter im wesentlichen demselben Beobachtungswinkel von im wesentlichen 0° "sieht" und auf die Lichtwandler-elementanordnung bzw. den Bildsensor

- 4 -

22 der Video-Kamera 2 abbildet. Der für alle Bildpunkte des Messobjekts M im wesentlichen gleiche Öffnungswinkel (ω) ist durch die Abmessungen der Eintrittsblende 21a des Kamera-Objektivs 21 bestimmt und beträgt vorzugsweise maximal etwa 5° . Durch die Telelinse 3 sieht das Kamera-Objektiv 21 ein virtuelles Messobjekt M' und ist in an sich bekannter Weise auf dieses dimensioniert und fokussiert.

Die Grösse der abgetasteten Bildpunkte des Messobjekts M ist durch die Auflösung des Bildsensors 22 der Video-Kamera 2 sowie durch den Abbildungsmassstab der telezentrischen Abbildungsoptik 3-21 gegeben.

Die beiden Blitzlichtquellen 4 und 5 sind jeweils im Brennpunkt der Beleuchtungslinsen 42 und 52 angeordnet, so dass das Messobjekt M mit zwei parallelen Strahlenbündeln 44 und 54 beleuchtet wird. Die Anordnung ist so getroffen, dass die Einfallswinkel α der beiden parallelen Strahlenbündel im wesentlichen $45^\circ \pm 5^\circ$ zur optischen Achse der Abbildungsoptik bzw. zur Normalen 31 auf das Messobjekt M betragen. Damit sind die in internationalen Normen für die Farbmessung definierten geometrischen Bedingungen erfüllt.

Um eine homogene Beleuchtungsstärke über die gesamte beleuchtete Fläche des Messobjekts M zu erreichen, sind die beiden Verlaufsfilter 43 und 53 vorgesehen. Diese weisen eine von aussen nach innen abnehmende Lichtdurchlässigkeit aus, welche in an sich bekannter Weise den unvermeidbaren Randabfall der Lichtintensität der Strahlenbündel kompensieren. Die Verlaufsfilter können wie in der grafischen Industrie üblich aus einem gerasterten Film bestehen, wobei sich die Flächenbedeckungen (Grössen) der einzelnen Rasterpunkte aus der erforderlichen Lichtabschwächung bestimmt. Die beiden Verlaufsfilter 43 und 53 sind vorzugsweise direkt auf die Fresnel-Linsen 42 und 52 aufgebracht, können aber selbstverständlich auch anderen Orts im Beleuchtungsstrahlengang angeordnet sein.

Im in Figur 1 gezeigten Ausführungsbeispiel ist die Video-Kamera 2 als Schwarz-/Weiss-Kamera ausgebildet, d.h. ihr Bildsensor 22 kann selbst keine Farbseparation durchführen. Die spektrale Aufteilung des vom Messobjekt M remittierten Messlichts erfolgt hier sequentiell durch die vor dem Kamera-Objektiv 21 in den Abbildungsstrahlengang 32 einschwenkbaren Bandpassfilter 66.

- 5 -

Für die Ausmessung des Messobjekts werden die einzelnen Farb-Bandpassfilter 66 des Filterrads 6 sowie ggf. das infrarot-durchlässige Fenster und der undurchlässige Bereich des Filterrads nacheinander in den Strahlengang eingeschwenkt und dabei gleichzeitig jeweils die Blitzlichtquellen 4 und 5 aktiviert. Der Bildsensor 22 empfängt jeweils das vom Messobjekt remittierte Messlicht und wandelt dieses in entsprechende elektrische Signale um. Diese werden von der Signalaufbereitungselektronik ausgelesen, verstärkt und digitalisiert. Nach einem vollständigen Messzyklus liegen in Form der digitalen Rohmessdaten 71 sechzehn schmalbandige Farbauszüge des Messobjekts vor, die in ihrer Gesamtheit die (diskreten) Remissionsspektren der einzelnen abgetasteten Bildpunkte des Messobjekts darstellen. Zusätzlich liegen ggf. für jeden Bildpunkt noch ein Dunkelmesswert und Infrarotmesswerte vor, welche für Referenzzwecke verwendet werden können.

Unter Verwendung eines Bildsensors mit beispielsweise 300000 Lichtwandlerelementen umfassen die Rohmessdaten $300000 * 16$ bzw. $300000 * 18$ einzelne Messwerte. Die Rohmessdaten 71 werden der Datenverarbeitungsstufe 7 zugeführt und in dieser nach verschiedenen Gesichtspunkten korrigiert. Das Ergebnis dieser Korrektur-Operationen sind korrigierte Bilddaten 72, welche dann für die weitere Verwendung bzw. Auswertung zur Verfügung stehen.

Die Spektralcharakteristik von Interferenzfiltern ist abhängig vom Eintrittswinkel der Lichtstrahlen. Dieser Winkel ist nicht konstant, sondern abhängig von der Position des gemessenen Bildpunkts auf dem Messobjekt. Er lässt sich jedoch aus der Position des jeweiligen Bildpunkts berechnen, und daraus kann wiederum die tatsächlich wirksame Filtercharakteristik für die betreffende Bildpunktposition bestimmt werden. Durch Interpolation können für die nominellen Wellenlängen, z.B. 400, 420, 440680, 700 nm, die Spektralwerte bestimmt werden. Auf diese Weise kann die Winkelabhängigkeit der Filtercharakteristiken rechnerisch korrigiert werden.

Im vorstehenden Ausführungsbeispiel wird das Messobjekt M (in diskreten Schritten) spektral ausgemessen. Dies ergibt universelle Messdaten, welche für beliebige farbmétrische Auswertungen herangezogen werden können. Anstelle des vollständigen Spektrums können aber z.B. auch nur einige Farbauszüge gemessen werden, wofür dann entsprechend weniger Farbfilter erforderlich wären. Beispielsweise könnten etwa die genormten R,G,B-Filter oder X,Y,Z-Filter gemäss CIE verwendet werden. Das Ergebnis dieser Messungen wären dann R,G,B-Werte bzw. X,Y,Z-Werte für jeden einzelnen Bildpunkt des Messobjekts M.

Anstelle der sequentiellen Anordnung mit dem Filterrad 6 könnte in einem alternativen Ausführungsbeispiel der erfindungsgemässen Messvorrichtung auch eine simultane Anordnung vorgesehen sein. Eine solche kann beispielsweise unter Verwendung einer farbtauglichen Video-Kamera bzw. eines farbtauglichen Bildsensors realisiert werden. Farbtaugliche Bildsensoren haben typischerweise integrierte Farbfilter, die unmittelbar auf jedem Lichtwandlerelement angeordnet sind. Bei gleicher Anzahl von Lichtwandlerelementen erniedrigt sich dabei aber die erreichbare Auflösung und die Lichtempfindlichkeit um einen der Anzahl unterschiedlicher Farbfilter entsprechenden Faktor (üblicherweise 3).

Für den Fall von R,G,B-Filtern lässt sich eine gegenüber klassischen Bildsensoren höhere Bildauflösung dadurch erreichen, dass für die einzelnen Farben unterschiedliche Anzahlen von Lichtwandlerelementen vorgesehen sind. Beispielsweise können doppelt so viele Lichtwandlerelemente mit einem Grün-Filter als Lichtwandlerelemente mit einem Rotfilter bzw. einem Blaufilter vorgesehen sein. Dies entspricht dem grösseren Auflösungsvermögen des menschlichen Auges für grün gegenüber rot und blau. Die Umrechnung der mit einer solchen Anordnung gemessenen R,G,B-Messwerte in Farbmesszahlen gemäss CIE ist allerdings nur angenähert möglich.

Eine analoge Anordnung ist möglich, wenn anstelle der R,G,B-Filter solche mit den durch die CIE genormten X,Y,Z-Spektralcharakteristiken eingesetzt werden. Es ist jedoch schwierig, alle diese Filtercharakteristiken auf einem einzigen Chip genügend genau herzustellen. Zudem gelten die unter Verwendung solcher Filter ermittelten Farbmesszahlen nur für die bei der Messung verwendete physikalische Lichtart. Die Berechnung der Farbmesszahlen für beliebige Lichtarten, wie dies bei einer spektralen Messung erfolgen kann, ist nicht möglich. Auch ist z.B. eine Farbsezeptur basierend nur auf X,Y,Z-Messwerten gemäss CIE nicht möglich. Eine verbesserte Auflösung kann analog der vorstehend beschriebenen R,G,B-Anordnung erreicht werden, indem doppelt so viele Lichtwandlerelemente mit einem Y-Filter ausgestattet werden als mit einem X- bzw. einem Z-Filter.

Theoretisch wäre es möglich, 16 unterschiedliche schmalbandige Farbfilter in den Bildsensor zu integrieren, so dass damit direkt eine spektrale Messung möglich würde. Allerdings ist die praktische Herstellung ausreichend schmalbandiger und so vieler unterschiedlicher (Interferenz-) Farbfilter direkt auf den Lichtwandlerelementen eines einzigen Chips technologisch sehr schwierig. Ausserdem würde die Bildauflö-

- 7 -

sung und die Lichtempfindlichkeit auf 1/16 gegenüber einem herkömmlichen (farbneutralen) Bildsensor sinken.

- 5 Eine andere Möglichkeit zur simultanen Messung des gesamten Spektrums besteht gemäss einem weiteren Aspekt der Erfindung in der Verwendung mehrerer Video-Kameras, von denen jede einen schmalen Spektralbereich von etwa 20 nm Bandbreite misst und die z.B. in einer 4*4 Matrix um die optische Achse der Telelinse gruppiert sind. Eine solche Anordnung ermöglicht die volle Auflösung der eingesetzten Bildsensoren und hat auch die volle Lichtempfindlichkeit. Nachteilig ist dabei allerdings, dass keine exakte parallele telezentrische Abbildung für alle Kameras möglich ist. Auch haben die Kameras infolge der exzentrisch versetzten Anordnung unterschiedliche geometrische Verzeichnungen. Diese können jedoch rechnerisch durch eine entsprechende Transformation der Bildkoordinaten korrigiert werden.
- 10
- 15 Gemäss einem weiteren Ausführungsbeispiel der erfindungsgemässen Messvorrichtung kann eine simultane Spektralmessung durch den Einsatz einer speziell ausgebildeten Spektral-Video-Kamera realisiert werden. Ein Prinzip-Schema einer solchen Spektral-Video-Kamera ist in Figur 2 dargestellt.
- 20 Das wesentlichste Merkmal der als Ganze mit 200 bezeichneten Kamera besteht darin, dass sie nicht nur einen einzigen sondern 16 gleichartige Bildsensoren 221-236 und entsprechende zugeordnete Signalaufbereitungselektroniken 241-256 sowie eine im wesentlichen durch Interferenzspiegel realisierte farbselektive Strahlenteileranordnung 261-291 aufweist, welche das vom Abbildungsobjektiv 210 der Kamera 200
- 25 kommende Messlicht in 16 schmalbandige Spektralbereiche aufteilt und jeden Spektralbereich auf je einen der Bildsensoren 221-236 lenkt. Die Signalaufbereitungselektroniken 241-256 können selbstverständlich auch zu einer einzigen Einheit zusammengefasst sein.
- 30 Da es in der Praxis schwierig ist, die Wellenlängenbereichsübergänge von Interferenzspiegeln ausreichend schmalbandig auszuführen, wird das Messlicht gemäss einem weiteren Aspekt der Erfindung zuerst mittels dreier halbdurchlässiger Spiegel 261-263 in an sich bekannter Weise farbneutral in vier Kanäle K_1 - K_4 zu je 25% Intensität aufgesplittet. In jedem dieser vier Kanäle K_1 - K_4 sind drei farbselektive Strahlenteilerspiegel 264-266, 267-269, 270-272 und 273-275 angeordnet, welche jeden
- 35 Kanal in vier Spektralbereiche aufteilen. Zur sauberen Bandbreitenbegrenzung und exakten Anpassung der Spektralcharakteristik befinden sich nach 8 dieser farbselekti-

- 8 -

ven Strahlenteilerspiegel je zwei Bandpassfilter 276-291 mit einer Bandbreite von etwa 20 nm. Insgesamt decken die Spektralbereiche bzw. Bandpassfilter den Wellenlängenbereich von 400-700 nm ab. Unmittelbar nach den Bandpassfiltern sind die Bildsensoren 221-236 angeordnet.

5

Die nachstehende Tabelle 1 zeigt die Übergangswellenlängen der beispielsweise verwendeten farbselektiven Strahlenteilerspiegel 264-266, 267-269, 270-272 und 273-275 und die Mittenwellenlängen der jeweils nachgeschalteten Bandpassfilter 276-291.

Strahlenteiler- spiegel	Übergangs- wellenlänge [nm]	Bandpassfilter	Mitten- wellenlänge [nm]
264	520		
265	440	276	400
		277	480
266	600	278	640
		279	560
267	540		
268	460	280	420
		281	500
269	620	282	620
		283	580
270	560		
271	480	284	440
		285	520
272	640	286	680
		287	600
273	580		
274	500	288	460
		289	540
275	660	290	700
		291	620

10

Tabelle 1

Die farbneutralen halbdurchlässigen Spiegel sind vorzugsweise in an sich bekannter Weise durch Grenzflächen von im wesentlichen etwa halbwürfelförmigen Glaspris-

men realisiert. In analoger Weise sind die durch Interferenzfilter realisierten farbselektiven Strahlenteilerspiegel auf Grenzflächen von Glasprismen aufgebracht. Die Bandpassfilter sind ebenfalls direkt auf den Glasprismen aufgebracht, und die Bildsensoren sind unmittelbar an den Glasprismen montiert. Die einzelnen Glasprismen sind mit optischem Kontakt aneinandergesetzt, so dass durch Medium-Übergänge bedingte Verluste vermieden werden. Die Glasprismen sind räumlich gegenseitig so angeordnet und orientiert, dass eine kompakte Konfiguration entsteht und alle Bildsensoren Platz haben.

Der Strahlenteiler kann auch direkt anschliessend an die Telelinse angeordnet werden. Es braucht dann zwar für jeden Kanal ein Objektiv, dafür sind aber bei einer solchen Anordnung die kleineren Öffnungswinkel vorteilhaft.

Mit idealen Strahlenteilerspiegeln in einer 1-2-4-8-Anordnung ist es im Prinzip möglich, das Spektrum in 16 Spektralbereiche zu je 20 nm Bandbreite verlustfrei aufzuteilen, so dass jeder Bildsensor 100% Licht (seines Wellenlängenbereichs) bekommt. Die Bandcharakteristiken werden dabei allein durch die Spiegelinterferenzschichten bestimmt, es sind also keine zusätzlichen Bandpassfilter erforderlich.

Die weiter unten stehende Tabelle 2 zeigt die Übergangswellenlängen einer solchen 1-2-4-8-Anordnung von (idealen) Strahlenteilerspiegeln sowie die Mittenwellenlängen der resultierenden Spektralbereiche.

Eine Simultan-Video-Kamera mit 16 Spektralbereichen ist recht aufwendig in der Herstellung. Ein Kompromiss zwischen einer solchen Spektral-Kamera und einer X,Y,Z-Dreibereichskamera ist eine Kamera mit z.B. 7 Spektralbereichen, die mit entsprechenden Filtern aufgebaut werden kann. Fünf Filter haben dabei eine Bandbreite von je 30 nm und Mittenwellenlängen von 470, 500, 530, 560 und 590 nm. Ein Filter überdeckt den Wellenlängenbereich von 400-470 nm und bildet im Bereich von 400-450 nm die Z-Charakteristik gemäss CIE nach. Ein siebtes Filter überdeckt den Wellenlängenbereich von 590-700 nm und bildet im Bereich von 620-700 nm die X-Charakteristik gemäss CIE nach. Mit den genannten Filtern lassen sich die X,Y,Z-Charakteristiken gemäss CIE rechnerisch gut nachbilden, was für eine absolut genaue Farbmessung wichtig ist. Es kann noch ein weiteres Filter vorgesehen sein, welches im Infrarot-Bereich liegt und daher nicht zur Bestimmung von Farbmesszahlen verwendet werden kann. Dieses Infrarot-Filter ermöglicht aber in an sich bekannter Weise weitergehende Aufschlüsse über das Messobjekt, z.B. darüber, ob ein Bildpunkt

- 10 -

schwarz erscheint durch den Überdruck der drei Buntfarben Cyan, Magenta und Gelb oder ob er mit schwarzer Druckfarbe bedruckt ist.

Übergangswellenlängen [nm] Interferenz-Strahlenteiler				Mittenwellenlängen [nm] Spektralbereiche	
550	470	430	410	400	
				420	
			450	440	
				460	
		510	490	480	
				500	
			530	520	
				540	
	630	590	570	560	
				580	
			610	600	
				520	
		670	650	640	
				660	
			690	680	
				700	

5

Tabelle 2

Die Rohmessdaten 71 werden, wie schon erwähnt, der Datenverarbeitungsstufe 7 zugeführt und in dieser nach verschiedenen Gesichtspunkten korrigiert. Das Ergebnis

- 11 -

dieser diversen Korrektur-Operationen sind korrigierte Bilddaten 72, welche dann für die weitere Verwendung zur Verfügung stehen.

5 Eine erste Korrekturmassnahme besteht in einer Weissnormalisierung. Auch wenn die Bildausleuchtung des Messobjekts möglichst konstant und homogen erfolgt, ist zur exakten Remissionsmessung eine an sich bekannte Weissnormalisierung mit Hilfe eines Weissreferenzbildes erforderlich. Das Weissreferenzbild ist die Aufnahme (Messdaten) eines homogenen Bildes mit bekannter Remission. Zur Weissnormalisierung wird für jedes Bildelement (Pixel) der Quotient der Remissionswerte des Messobjekts durch die entsprechenden Remissionswerte des Weissbilds berechnet. Ist der absolute Weiss-Kalibrierungswert des Weissreferenzbilds definiert, so werden die
10 normalisierten Werte damit multipliziert.

15 Ein weiterer Korrekturschritt kann nach der Weissnormalisierung in einer sog. Rand-Weiss-Normalisierung liegen. Messobjekte können mit einem weissen Rand abgeschlossen sein. Die mittlere Helligkeit dieser weissen Randbereiche wird für das Messobjekt und das Weissreferenzbild gemessen. Bei der Rand-Weiss-Normalisierung erfolgt eine multiplikative Korrektur der Messobjekt-Messdaten in dem Sinne, dass die mittlere Rand-Weiss-Helligkeit des Messobjekts mit derjenigen des Weissreferenzbilds übereinstimmt. Dadurch wird die mittlere Helligkeit der Rand-Weiss-Bereiche gleich dem Weiss-Kalibrierungswert und die integralen Beleuchtungsschwankungen von Bild- zu Bildbeleuchtung werden korrigiert.
20

25 Eine weitere wichtige Korrekturmassnahme besteht in einer Kontrast-Korrektur. Dabei wird für jeden Bildpunkt der Streulichteinfluss der übrigen Bildpunkte abgezogen. Der dafür erforderliche Rechenaufwand wäre enorm und unpraktikabel. Es wird daher für die Korrektur nur ein kleiner Umgebungsbereich des betreffenden Bildpunkts herangezogen und die Korrektur nur in einem inneren Kernbereich dieses Umgebungsbereichs mit voller Auflösung durchgeführt. Ausserhalb dieses Bereichs erfolgt die Korrektur mit binär abnehmender Auflösung.
30

Eine weitere Korrekturmassnahme ist eine Reflex-Korrektur. Bei dieser speziellen Form der Streulichtkorrektur werden insbesondere vom Kamera-Objektiv erzeugte Reflexionsbilder von den Messdaten des Messobjekts abgezogen. Die Reflex-Korrektur erfolgt anhand von aus Test-Bildern ermittelten Reflexkorrekturkoeffizienten.
35

- 12 -

Die so korrigierten Bilddaten können dann in beliebiger Weise ausgewertet bzw. weiter verarbeitet werden. Insbesondere können daraus in an sich bekannter Weise Farbmasszahlen der einzelnen Bildpunkte des Messobjekts errechnet und z.B. zur Steuerung einer Druckmaschine herangezogen werden.

5

EPO - Munich
69

08. Dez. 2000

- 13 -

Patentansprüche

1. Vorrichtung zur bildelementweisen fotoelektrischen Ausmessung eines flächigen Messobjekts, mit Abbildungsmitteln (3,21) zur Abbildung des Messobjekts (M) auf eine zweidimensionale Anordnung (22) von Lichtwandlerelementen, mit im Abbildungsstrahlengang vorgesehenen Filtermitteln (66) zur wellenlängenselektiven Filterung des auf die Lichtwandlerelemente auftreffenden Messlichts, mit Signalaufbereitungsmitteln (23) zur Aufbereitung der von den Lichtwandlerelementen erzeugten elektrischen Signale und Umwandlung derselben in entsprechende digitale Rohmessdaten (71), und mit Datenverarbeitungsmitteln (7) zur Verarbeitung der Rohmessdaten in die Farben der einzelnen Bildelemente des Messobjekts repräsentierende Bild-
- 5 daten (72), dadurch gekennzeichnet, dass Beleuchtungsmittel (4,41-43; 5,51-53) vorgesehen sind, welche das Messobjekt (M) mit mindestens einem im wesentlichen parallelen Lichtbündel unter einem Einfallswinkel (α) von im wesentlichen $45^\circ \pm 5^\circ$ beleuchten, und dass eine telezentrische Abbildungsoptik (3,21) vorgesehen ist, welche jeden Punkt des Messobjekts (M) unter im wesentlichen demselben Beobachtungswinkel von im wesentlichen 0° und mit im wesentlichen demselben Öffnungswinkel (ω) von im wesentlichen max. 5° auf die Lichtwandlerelementenanordnung (22) abbildet.
- 10 15
2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Beleuchtungsmittel eine Beleuchtungslinse (42; 52) und eine im Brennpunkt derselben angeordnete Lichtquelle (4; 5) umfassen.
- 20
3. Vorrichtung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Beleuchtungsmittel (4,41-43; 5,51-53) Intensitätsausgleichsmitteln (43; 53) umfassen, welche eine gleichmässige Beleuchtungsstärke über im wesentlichen die gesamte beleuchtete Fläche des Messobjekts (M) bewirken.
- 25
4. Vorrichtung nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Intensitätsausgleichsmittel durch ein vorzugsweise farbneutrales Verlaufsfilter (43; 53) gebildet sind.
- 30
5. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 2-4, dadurch gekennzeichnet, dass die Beleuchtungslinse (42; 52) als Fresnel-Linse ausgebildet ist.

- 14 -

6. Vorrichtung nach den Ansprüchen 4 und 5, dadurch gekennzeichnet, dass das Verlaufsfilter (43; 53) an oder auf der Fresnel-Linse (42; 52) angeordnet ist.
7. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 2-6, dadurch gekennzeichnet, dass die
5 Lichtquelle (4; 5) als Blitzlichtquelle ausgebildet ist.
8. Vorrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass sie eine Videokamera (2) mit einem zweidimensionalen Bildsensor (22) und einem Abbildungsobjektiv (21) mit Eintrittsblende (21a) sowie eine dem Abbildungs-
10 objektiv vorgeschaltete Telelinse (3) umfasst, deren Brennpunkt in oder nahe der Eintrittsblende (21a) angeordnet ist, wobei der Bildsensor (22) die zweidimensionale Lichtwandler-elementanordnung und das Abbildungsobjektiv (21) der Videokamera (2) zusammen mit der Telelinse (3) die telezentrische Abbildungsoptik bildet.
- 15 9. Vorrichtung nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass die Telelinse (3) als Fresnel-Linse ausgebildet ist.
10. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 8-9, dadurch gekennzeichnet, dass die Videokamera (2) als Schwarz/Weiss-Kamera ausgebildet ist und dass die Filtermittel
20 zur wellenlängenselektiven Filterung des auf die Lichtwandler-elemente auftreffenden Messlichts einen Satz von vorzugsweise als Interferenzfilter ausgebildeten Bandpassfiltern (66) sowie Antriebsmittel (61-65) umfassen, um die Bandpassfilter (66) selektiv in den Abbildungsstrahlengang (32) einzuführen.
- 25 11. Vorrichtung nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass etwa sechzehn Bandpassfilter (66) von je etwa 20 nm Bandbreite vorgesehen sind, die im wesentlichen den Spektralbereich von 400 - 700 nm abdecken.
12. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 10-11, dadurch gekennzeichnet, dass die
30 Bandpassfilter (66) an einem rotierenden Filterrada (6) angeordnet sind.
13. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1-11, dadurch gekennzeichnet, dass die Filtermittel zur wellenlängenselektiven Filterung des auf die Lichtwandler-elemente auftreffenden Messlichts durch unmittelbar auf den Lichtwandler-elementen angeordnete Bandpassfilter gebildet sind.
35

- 15 -

14. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 8-9, dadurch gekennzeichnet, dass sie mehrere Videokameras (2) mit je einem zweidimensionalen Bildsensor (22) und je einem Abbildungsobjektiv (21) mit Eintrittsblende (21a) aufweist, wobei jede Videokamera (2) z.B. durch vorgeschaltete Bandpassfilter (66) zur Messung eines anderen Wellenlängenbereichs ausgebildet ist, und dass die Videokameras so angeordnet sind, dass ihre Eintrittsblende im oder nahe beim Brennpunkt der Telelinse (3) liegen.
15. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 8-9, dadurch gekennzeichnet, dass mehrere zweidimensionale Bildsensoren (221-236) und im Strahlengang des Abbildungsobjektivs (210) eine farbselektive Strahlenteileranordnung (261-291) vorgesehen sind, welche jeweils einen Spektralbereich des Messlichts auf einen der Bildsensoren (221-236) lenken.
16. Vorrichtung nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, dass die farbselektive Strahlenteileranordnung (261-291) das Messlicht in etwa 16 Spektralbereiche von je etwa 20 nm Bandbreite aufteilen, die im wesentlichen den Spektralbereich von 400 - 700 nm abdecken.
17. Vorrichtung nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, dass drei halbdurchlässige Spiegel (261-263) zur Aufspaltung des Messlichts in vier gleiche Kanäle (K_1 - K_4) vorgesehen sind, und dass in jedem Kanal drei farbselektive Strahlenteiler (264-266, 267-269, 270-272, 273-275) vorgesehen sind, welche den betreffenden Kanal in vier Spektralbereiche aufteilen.
18. Vorrichtung nach Anspruch 17, dadurch gekennzeichnet, dass den farbselektiven Strahlenteilern (264-266, 267-269, 270-272, 273-275) Bandpassfilter (276-291) mit einer Bandbreite von je etwa 20 nm nachgeordnet sind, welche insgesamt im wesentlichen den Spektralbereich von 400 - 700 nm abdecken.
19. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 17-18, dadurch gekennzeichnet, dass die halbdurchlässigen Spiegel (261-263) und die farbselektiven Strahlenteiler (264-266, 267-269, 270-272, 273-275) sowie die Bildsensoren (221-236) und ggf. die Bandpassfilter (276-291) an den Begrenzungsflächen von aneinanderg kitteten Glasprismen angeordnet sind.
20. Vorrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Datenverarbeitungsmittel (7) zur Durchführung einer Weiss-Normalisierung

- 16 -

ausgebildet sind.

21. Vorrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet,
dass die Datenverarbeitungsmittel (7) zur Durchführung einer Rand-Weiss-
5 Normalisierung ausgebildet sind.

22. Vorrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet,
dass die Datenverarbeitungsmittel (7) zur Durchführung einer Kontrastkorrektur zur
Reduktion von Streulichteinflüssen ausgebildet sind.

10

23. Vorrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet,
dass die Datenverarbeitungsmittel (7) zur Durchführung einer Reflexkorrektur zur
Reduktion von Reflexionseffekten ausgebildet sind.

15

24. Vorrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet,
dass die Datenverarbeitungsmittel (7) zur Durchführung einer Spektralkorrektur zur
Berücksichtigung der vom Eintrittswinkel der Lichtstrahlen abhängigen Spektralcha-
rakteristik von Interferenzfiltern ausgebildet sind.

20

EPO - Munich
69

08. Dez. 2000

Zusammenfassung

Die Vorrichtung zur bildelementweisen fotoelektrischen Ausmessung eines flächigen Messobjekts umfasst Abbildungsmittel (3,21) zur Abbildung des Messobjekts (M) auf einen zweidimensionalen CCD-Bildsensor (22), im Abbildungsstrahlengang vorgesehene Filtermittel (66) zur wellenlängenselektiven Filterung des auf den Bildsensor auftreffenden Messlichts, Signalaufbereitungsmittel (23) zur Aufbereitung der vom Bildsensor erzeugten elektrischen Signale und Umwandlung derselben in entsprechende digitale Rohmessdaten (71) sowie Datenverarbeitungsmittel (7) zur Verarbeitung der Rohmessdaten in die Farben der einzelnen Bildelemente des Messobjekts repräsentierende Bilddaten (72). Ferner sind eine Fresnel-Linse (42; 52) umfassende Beleuchtungsmittel (4,41-43; 5,51-53) vorgesehen, welche das Messobjekt (M) mit mindestens einem im wesentlichen parallelen Lichtbündel unter einem Einfallswinkel (α) von im wesentlichen $45^\circ \pm 5^\circ$ beleuchten. Die eine als Fresnel-Linse ausgebildete Teleslinse (3) umfassenden Abbildungsmittel sind als telezentrische Abbildungsoptik (3,21) ausgebildet, welche jeden Punkt des Messobjekts (M) unter im wesentlichen demselben Beobachtungswinkel von im wesentlichen 0° und mit im wesentlichen demselben Öffnungswinkel (ω) von im wesentlichen max. 5° auf die Lichtwandlerelementanordnung (22) abbildet.

Die Vorrichtung erlaubt die simultane punktweise Ausmessung eines grösseren flächigen Messobjekts unter Einhaltung der für Farbmessungen erforderlichen geometrischen Bedingungen für jeden Bildpunkt des Messobjekts.

(Fig. 1)

This Page Blank (uspto)

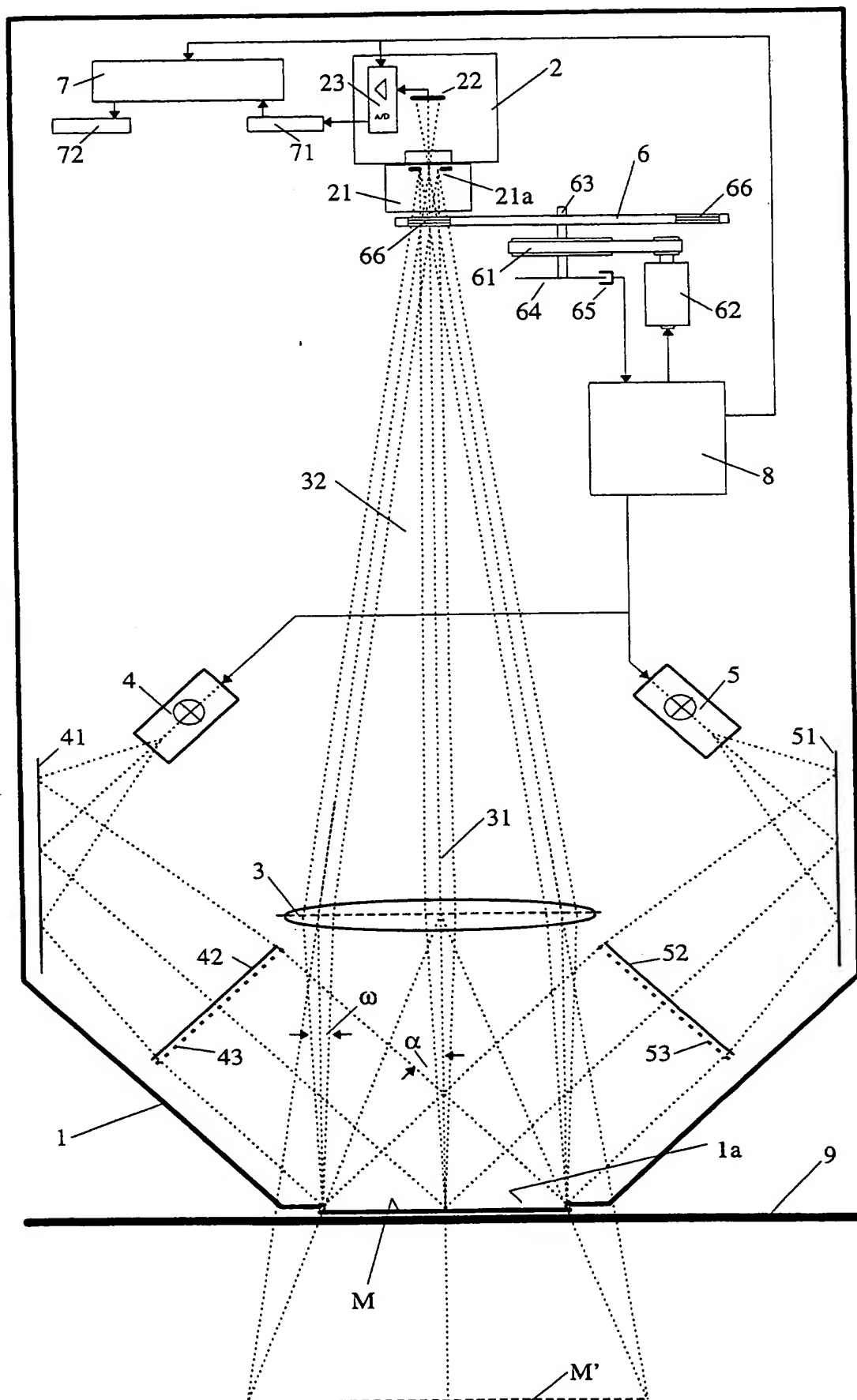


Fig. 1

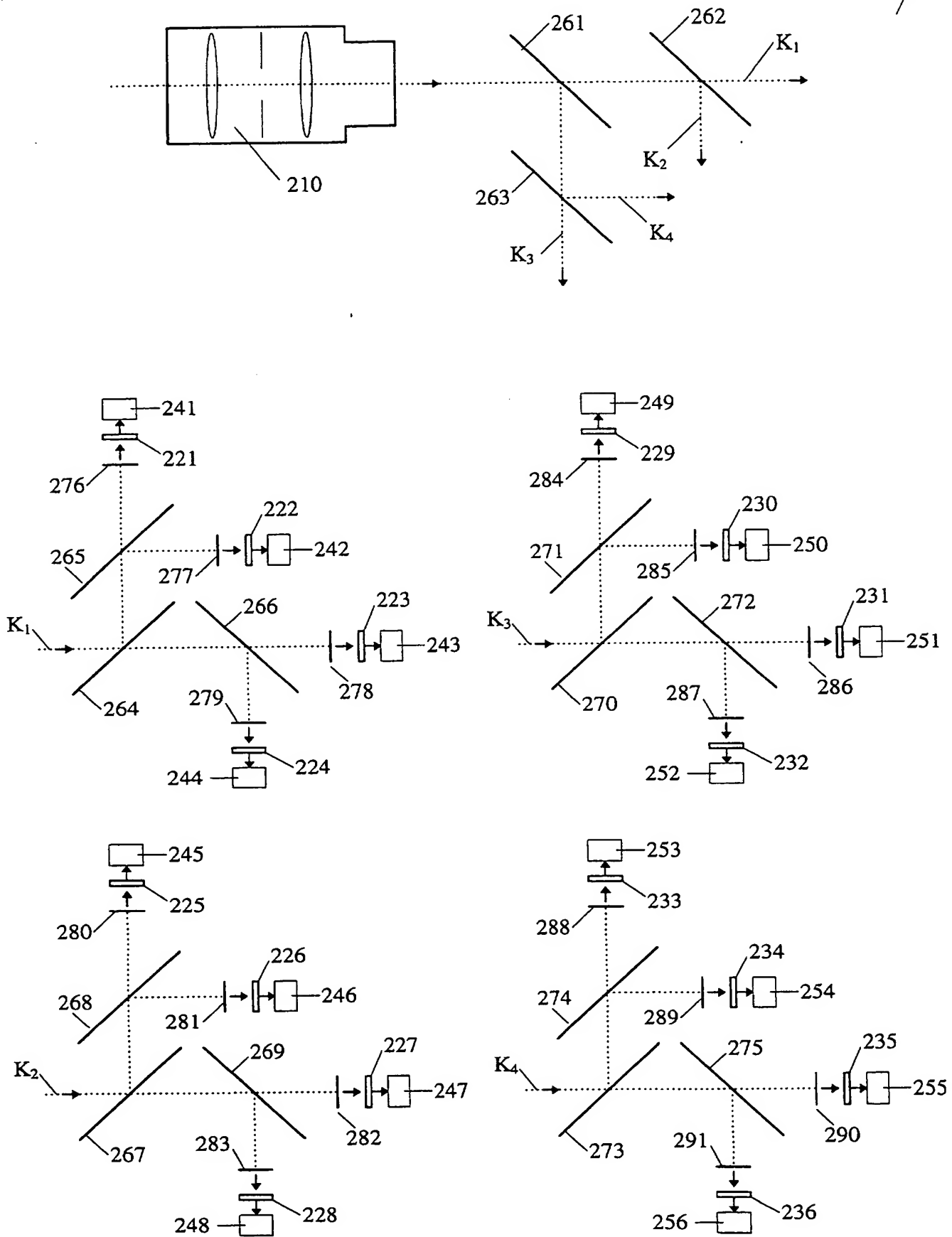


Fig. 2